

MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE POSTCOSECHA EN CULTIVOS DE CRISANTEMOS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

MANUEL GARCÍA PÍEDRAHITA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Administrador

Vladimir Calle Zapata

Magíster en Finanzas



**UNIVERSIDAD EIA
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
ENVIGADO
2017**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Sebastián Peláez Cock por su constante participación y apoyo en el desarrollo de este trabajo, además de su compromiso con este.

También le quiero agradecer especialmente al director de trabajo de grado, Vladimir Calle Zapata, por su acompañamiento, ayuda y orientación, los cuales fueron determinantes para el éxito del presente trabajo, además de su constante motivación y empuje.

Finalmente, le quiero agradecer a todos aquellos que directa o indirectamente me ayudaron a llevar los objetivos de este trabajo a un feliz término, tales como: mi familia y compañeros de trabajo, por su apoyo incondicional, y a los expertos del cultivo de flores, ya que sin ellos no habría obtenido la información necesaria para el desarrollo de los objetivos.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	9
1. PRELIMINARES	10
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Objetivos del proyecto	11
1.2.1 Objetivo general	11
1.2.2 Objetivos específicos	11
1.3 Marco de referencia	12
1.3.1 Antecedentes	12
1.3.2 Marco teórico.....	12
2. METODOLOGÍA	18
3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	20
3.1 Descripción del proceso de postcosecha	20
3.2 Determinación y ajuste de las variables de entrada al proceso de postcosecha	21
3.3 Determinación y ajuste de los tiempos de los subprocesos.....	23
3.4 Determinación de los costos de los subprocesos	25
3.5 Modelo del proceso de postcosecha de crisantemos en cultivos de flores del oriente antioqueño.....	26
3.5.1 Recepción de ramos desde corte	26
3.5.2 Proceso de barrido y maquillaje	27
3.5.3 Proceso de tintura	28
3.5.4 Separación de ramos de las órdenes de mercado abierto y de las órdenes fijas	29

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.5.5	Emparejamiento de cosecha con demanda	30
3.5.6	Llegada de órdenes	31
3.5.7	Proceso de empaque de saldos	32
3.5.8	Proceso de empaque de órdenes.....	32
3.5.9	Proceso de almacenamiento en cuarto frío.....	33
3.5.10	Procesamiento de saldos.....	34
3.5.11	Procesamiento de órdenes listas para ser despachadas	36
3.5.12	Horarios de despachos	38
3.6	Propuesta de mejoramiento del proceso de postcosecha en cultivos de crisantemos del oriente antioqueño	39
4.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	40
	REFERENCIAS.....	41

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Variables de entrada al proceso de postcosecha	22
Tabla 2: Tiempos de procesamiento en los subproceso de la postcosecha	23
Tabla 3: Módulos del proceso de llegada de ramos a la postcosecha	26
Tabla 4: Módulos del proceso de barrido y maquillaje de ramos	27
Tabla 5: Módulos del proceso de tintura de ramos	28
Tabla 6: Módulos separación de ramos	29
Tabla 7: Módulos emparejamiento de cosecha y demanda	30
Tabla 8: Módulos llegada de órdenes a la postcosecha	31
Tabla 9: Módulos proceso de empaque de saldos	32
Tabla 10: Módulos proceso de empaque de órdenes	33
Tabla 11: Módulos proceso de almacenamiento en cuarto frío	33
Tabla 12: Módulos saldos almacenados en el cuarto frío	34
Tabla 13: Módulos procesamiento de órdenes listas para ser despachadas	36
Tabla 14: Módulos lógica de despachos	38

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: Flujograma básico del proceso de postcosecha.....	21
Figura 2: Flujograma del proceso de llegada de ramos a la postcosecha	26
Figura 3: Flujograma del proceso de barrido y maquillaje de ramos.....	27
Figura 4: Flujograma del proceso de tintura de ramos	28
Figura 5: Flujograma de la separación de ramos.....	29
Figura 6: Flujograma del emparejamiento de la cosecha con la demanda	30
Figura 7: Flujograma de la llegada de órdenes a la postcosecha	31
Figura 8: Flujograma del proceso de empaque de saldos.....	32
Figura 9: Flujograma del proceso de empaque de órdenes	32
Figura 10: Flujograma del proceso de almacenamiento en cuarto frío	33
Figura 11: Flujograma de los saldos almacenados en el cuarto frío	34
Figura 12: Flujograma del procesamiento de órdenes listas para ser despachadas	36
Figura 13: Flujograma de la lógica de despachos	38

RESUMEN

Durante los últimos años la productividad de la tierra en los cultivos de crisantemos del oriente antioqueño ha ido aumentando, sin embargo, el proceso de postcosecha de estos continúa siendo poco tecnificado y analizado. Si el proceso de postcosecha no va a la par con el incremento en la cosecha de flores, este aumento en la productividad no podrá ser capitalizado por las empresas, por ello resulta de suma importancia la tecnificación de este proceso.

En el presente trabajo de grado, se desarrolló un modelo de simulación del proceso de postcosecha de los cultivos de crisantemos del oriente antioqueño en el software, Rockwell Arena, con el fin de iniciar la tecnificación y el estudio de este proceso en los cultivos de esta variedad en la zona del oriente cercano del departamento de Antioquia. Para lograr lo anterior se obtuvieron los datos históricos de las ventas, los despachos y de la cosecha de crisantemos, de un cultivo de esta variedad de flor en la zona geográfica indicada. Adicionalmente, se llevaron a cabo múltiples visitas y seguimientos al proceso de postcosecha de este cultivo, y se realizaron múltiples entrevistas a profundidad con los encargados de cada subproceso de este.

Finalmente, y con base en el modelo desarrollado, se logró identificar que al aumentar en un 22.42% la participación de órdenes fijas versus las órdenes de mercado abierto, se reduce en un 23.92% el tiempo de ciclo de los ramos en la postcosecha, además de una reducción del 7.17% en la utilización del cuarto frío, la principal restricción en este proceso. En otras palabras, si una compañía desea reducir el tiempo de procesamiento de los crisantemos en el proceso de la postcosecha, se recomienda que esta aumente la proporción de sus ventas fijas sobre sus ventas totales.

Palabras Calve: Postcosecha, Modelo, Rockwell Arena, Tecnificación, Productividad.

ABSTRACT

During the last years, the productivity of the soil in the harvest of chrysanthemums of eastern Antioquia has increased, nevertheless, the postharvest process continues to be little technified and analyzed. If these process does not keep up with the increase in the harvest of flowers, companies would not be able to capitalize this increase in productivity, making the technification of this process a priority.

In this paper, a simulation model of the postharvest process of the crops of chrysanthemums of eastern Antioquia was developed in the software, Rockwell Arena, in order to initiate the technification and study of this process in the crops of this variety of flowers in the near east of Antioquia. To achieve this, historical data on sales, dispatch and harvest of chrysanthemums were obtained from a chrysanthemums flower farming company, from the indicated geographical area. Additionally, multiple visits and follow ups were carried out to a postharvest process of a flower farming company, and multiple in depth interviews were conducted with the managers of each sub-process of this process.

Based on the model developed, it was possible to identify that an increase in the participation of standing orders versus open market orders by 22.42%, the processing time of chrysanthemums in the postharvest was reduced by 23.92%, in addition to a reduction of 7.17% in the usage of the cool room, the main restriction in this process. In other words, if a company wants to reduce the processing time of chrysanthemums in the postharvest process, an increase in the proportion of standing orders over its total sales is recommended.

Keywords: Postharvest, Simulation Model, Rockwell Arena, Technification, Productivity.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de grado se propuso una mejora al proceso de postcosecha de los cultivos de crisantemos del oriente antioqueño, mediante el uso de la modelación y de la simulación del proceso en el software Rockwell Arena. Lo anterior con el fin de aprovechar la eficiencia y la productividad que las empresas dedicadas al cultivo de esta variedad, en la zona del oriente cercano del departamento, han logrado en las otras partes del proceso de cosecha de flores, tales como la siembra. El trabajo de grado se divide en cuatro grandes partes, las cuales son: preliminares, metodología, presentación y discusión de resultados, y, conclusiones y consideraciones finales.

En la primera parte, preliminares, el lector encontrará el planteamiento del problema, su justificación, los objetivos del trabajo de grado, así como el marco de referencia en el cual se soporta el trabajo de grado.

En la segunda parte, se detalla la metodología de la investigación, la cual se basó principalmente en la recopilación de: las variables de entrada al proceso, los tiempos y costos de procesamiento en los respectivos subprocesos de la postcosecha y en el entendimiento del proceso.

El capítulo de presentación y discusión de los resultados, el lector encontrará la guía del modelo elaborado, con la explicación de los procesos que lo conforman y las variables y parámetros que fueron considerados en el mismo.

Finalmente, en el cuarto capítulo, se encuentran las conclusiones del presente trabajo de grado, y también algunas recomendaciones para mejorar el modelo propuesto.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un país poco diversificado en sus exportaciones, el 50% de ellas corresponden a productos minerales tales como el petróleo crudo, el carbón, entre otros (OEC, 2014). El mercado de las flores cortadas en Colombia representa el 2.4% de las exportaciones, lo que equivale a 1.032 millones de dólares. De estas el 8% corresponden a los crisantemos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015). Adicionalmente el cultivo de flores genera más de 130.000 empleos directos (Cadavid, 2016).

Actualmente Colombia es el proveedor principal de flores de Estados Unidos, con aproximadamente “el 65% de las ventas y el 80% del volumen de productos” (Cadavid, 2016). Adicionalmente, el país se ha logrado consolidar como el segundo exportador de flores en el mundo (Cadavid, 2016). Antioquia se destaca como el segundo departamento con más hectáreas sembradas en flores del país, al tener el 26% del área total nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015) y la mayoría de estas tierras están ubicadas en municipios del Oriente Antioqueño (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015). Sólo el Municipio de La Ceja tiene el 7.9% del área nacional sembrada en flores (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015). De estos cultivos de flores en el oriente antioqueño más del 50% son cultivos de crisantemos (Cock, 2016). Según Santiago Cock gerente general de Uniflor S.A y presidente de Wholesaler Florist & Florist Supplier Association (WFFSA), los tiempos de ciclo para el cultivo de estas flores es mucho menor que el de otros tipos de flores como las rosas, además menciona que las condiciones climáticas del oriente antioqueño son óptimas para la producción de crisantemos.

A nivel mundial el mercado de flores cortadas se estima en 44.000 millones de dólares (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015), cifra que se “prevé continuará creciendo, ya que la población mundial y el poder adquisitivo de los consumidores también aumentarán (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015, pág. 11). Los mayores consumidores de flores en el mundo se encuentran en Europa Occidental, Asia y Norte América (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015). Aparte de Estados Unidos, otros países a los cuales Colombia le exporta flores son: Rusia, Japón, Reino Unido, Canadá, Holanda y España, entre otros (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015). Adicionalmente y según Procolombia (s.f.), algunos países en los cuales hay oportunidades de negocio para la flor colombiana son Alemania, Japón y Reino Unido. Además “los floricultores agremiados consideran que el mercado <chino> se encuentra en el momento preciso para iniciar el posicionamiento de las flores colombianas” (Cadavid, 2016). Lo anterior se debe a que las importaciones de flores de China han venido en aumento, pasando de 12.4 millones de dólares en 2012, a 24 millones de dólares en 2014 (Cadavid, 2016).

Dadas las condiciones apropiadas para el cultivo de flores en el oriente antioqueño y a la demanda creciente a nivel mundial en este mercado, se puede concluir que hay una

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

oportunidad de incrementar la exportación de flores desde esta región del país, pero incursionar en este mercado requiere de una mayor competitividad y productividad por parte de las compañías cultivadoras de flores.

Una de estas barreras es la postcosecha. La postcosecha comienza desde que se corta la flor y va hasta el embarque de esta en el camión que la lleva al aeropuerto para ser exportada, y es el proceso donde más fácilmente se pueden generar sobrecostos y reprocesos, según Cock (2016). Lo anterior se debe según él a la falta de tecnificación del proceso y a los altos costos de este proceso. En primer lugar, Cock menciona que, en la postcosecha, los procesos son muy empíricos, es decir las personas son las encargadas de decidir qué órdenes se van a procesar primero y en qué orden se deben de llevar a cabo los diferentes procesos. Esto ha llevado a reprocesos, ya que por ejemplo en ocasiones no se programan adecuadamente las órdenes y se debe hacer un cambio de capuchones (empaques de las flores) que contienen la marca del proveedor cuya orden debió ser procesada primero. Adicionalmente, Cock menciona que en todos los otros procesos del cultivo de flores ha habido grandes avances lo que ha permitido que la productividad de las tierras aumente y la cantidad de flores que entran al proceso de postcosecha sea mayor, pero el proceso de postcosecha no ha tenido mayores cambios. Para Cock, tecnificar el proceso de postcosecha para que vaya a la par con la mayor producción de flores es un reto que hoy en día afrontan los floricultores.

La postcosecha debe ser un proceso flexible que permita adaptarse a cambios de último momento en los pedidos de los clientes y afrontar las demoras en la entrada de la flor a este proceso, garantizando que el despacho se haga de manera correcta y eficiente (Alfaro-Silva, 2007).

Para que las empresas dedicadas al cultivo de crisantemos mejoren su eficiencia y productividad es necesario hacer un análisis detallado del proceso de postcosecha que permita encontrar oportunidades de mejoramiento para luego reconstruir el proceso y probarlo a través de simulaciones para disminuir los riesgos y costos antes de llevarlo a cabo en una postcosecha en funcionamiento.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo general

Proponer posibles mejoras al proceso de postcosecha de crisantemos en los cultivos del Oriente Antioqueño mediante un modelo que permita analizar el proceso.

1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer las variables de entrada de la postcosecha y sus distribuciones en los diferentes escenarios de demanda que se presentan a lo largo del año.
- Determinar los costos y tiempos de cada subproceso dentro de la postcosecha

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Modelar el proceso de la postcosecha en los diferentes escenarios de demanda que se presentan a lo largo del año.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Antecedentes

Existen diferentes modelos de simulación para todo tipo de productos agrícolas, donde algunos se enfocan en partes específicas de procesos y otros más complejos buscan simular la totalidad del proceso. Esto se debe a la gran variedad de productos agrícolas y las especificidades que cada uno de ellos conlleva, por lo que es fácil encontrar numerosas variaciones de un mismo modelo adaptado a diferentes productos (Guarín-Giraldo, 2011).

Algunos de los procesos específicos que han sido modelados en los últimos 20 años son los programas de riegos de cultivos según sus necesidades (Tarjuelo Martín-Benito, Merino, Valiente, Juan Valero, & Ortega Álvarez, 1999), selección de material genético y predicción de productividad de cultivos (Martínez *et al*, 2011) entre otros.

Desde el año 2004, el grupo floricultor más grande de Colombia, GR Chía, inició un proyecto de simulación de postcosecha con el fin de soportar las decisiones de su personal, adoptando el software Promodel como el paquete de simulación en el cual fundamentar el proyecto. Por medio de este proyecto, GR Chía ha asesorado a varios de sus cultivos y comercializadoras asociadas, incluyendo a C.I Agroindustria Del Riofrío LTDA, entre otras (Alfaro-Silva, 2007). Es importante resaltar que la postcosecha de GR Chía procesa diferentes tipos de flores al mismo tiempo y en algunas de ellas reciben flores que vienen directamente de otro proceso de postcosecha en su cultivo de origen.

1.3.2 Marco teórico

○ La exportación de flores en Colombia

La floricultura en Colombia comenzó a tomar impulso desde mediados de la década de los 60, cuando se empezaron a encontrar condiciones de mercado, producción y costos que permitían una alta competitividad frente a los demás exportadores de flores del comercio mundial. Estas condiciones resaltaban en la Sabana de Bogotá y los alrededores de Rionegro en el Oriente Antioqueño, donde el costo de la tierra tenía una proporción de 1 a 9 al compararse con las tierras floricultoras de Estados Unidos y los costos de mano de obra eran 15 veces menores en Colombia (Núcleo Ambiental S.A.S, 2015).

Además de las ventajas económicas de la producción colombiana, Rionegro y la Sabana de Bogotá presentan unas condiciones naturales que se ajustan perfectamente a las necesidades de los floricultores, como lo son la topografía plana, la ausencia de estaciones que permite la producción durante todo el año, una temperatura adecuada para cultivar bajo invernaderos y una luminosidad suficiente y balanceada. Todo esto ha

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

llevado a Colombia a ser el segundo productor mundial de flores detrás de Holanda, y el número uno en exportaciones de éstas en América, logrando que dos de cada tres flores vendidas en Estados Unidos provengan de Colombia (Alfaro-Silva, 2007).

○ **Entidades a Considerar**

A lo largo de este trabajo se hará mención de las siguientes entidades:

WFFSA: Wholesale Florist & Florist Supplier Association: Los inicios de la Asociación de Mayoristas Floricultores y Proveedores Floricultores se remontan a 1926, cuando en Chicago se reunieron treinta mayoristas representativos de la industria para crear una plataforma de apoyo nacional para el sector en Estados Unidos, donde nace bajo el nombre de Comisión de Mayoristas Floristas de América. A comienzos de 1970 la WFFSA se enfrenta a dificultades debido a la falta de competitividad de los floricultores norteamericanos frente a los colombianos, pero solamente a finales de 1999 que empieza a colaborar activamente con los floricultores internacionales, principalmente provenientes de Colombia. Entre 1999 y 2009, la WFFSA se limitó a realizar eventos discontinuos principalmente enfocados en la comercialización de flores de corte, pero la recesión económica de Estados Unidos genera un cambio en los hábitos de los consumidores que prefieren ahorrar su dinero y dejan de comprar flores con regularidad. En 2010 y 2011 se lleva a cabo una reestructuración completa de la asociación donde se incluye personal nuevo y motivado que la llevan al éxito financiero nuevamente en 2012, donde comienza una nueva etapa de crecimiento ofreciendo conferencias, ferias comerciales, cursos, mercadeo y recursos tecnológicos a sus asociados (WFFSA, 2016). A finales de 2016, por primera vez en la historia de la WFFSA se nombra un presidente latinoamericano, el antioqueño Santiago Cock, gerente general y socio de uno de los cultivos de Crisantemos más representativos de Colombia (S. Cock, comunicación personal, 8 de noviembre, 2016).

Asocolflores: Esta asociación “representa a un segmento de los floricultores que manejan más del 70% de las exportaciones totales de flores de Colombia, reuniendo cerca de 300 cultivos ubicados en la Sabana de Bogotá, Cundinamarca, Antioquia y la región Centro Occidente del país” (ASOCOLFLORES, 2016), hace parte de diferentes organizaciones empresariales públicas y privadas del Colombia y también pertenece a las organizaciones más representativas de la floricultura internacional. Sus principales funciones son promover la competitividad de la floricultura colombiana en los mercados internacionales, destacar las cualidades de la industria floricultora nacional y compartir con el mundo la filosofía que comparten los floricultores colombianos (ASOCOLFLORES, 2016).

○ **El Crisantemo**

El crisantemo es el tercer género floral más cultivado en Colombia, con casi el 12% de la tierra sembrada en flores dedicada a esta variedad, lo que le permite a Colombia producir el 8% de los crisantemos comercializados en el mundo (Núcleo Ambiental S.A.S, 2015). Según su proceso de producción, los crisantemos se pueden dividir en Pompones y Desbotonados. Los Pompones son aquellos en los que se deja crecer la planta normalmente y se obtienen varias flores provenientes del mismo tallo, mientras que al

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Desbotonado se le van arrancando los brotes y las hojas mientras crece para enfocar todos los nutrientes en la flor principal, lo que resulta en una única flor por tallo mucho más grande que las múltiples flores de los Pompones (S. Cock, comunicación personal, 8 de noviembre, 2016).

○ **La Postcosecha**

“La postcosecha comprende todos los pasos que se siguen desde que se corta la flor hasta que la obtiene el comprador en el país de destino y varía según la variedad de flor” (Gómez-Posada, 2007). Generalmente, la postcosecha de Pompones y Desbotonados, a grandes rasgos, sigue los siguientes pasos básicos: enramado, coloración (sólo para flor blanca de ser necesario), asignación de orden, agrupamiento por órdenes y día de despacho de cada una, empaque, almacenamiento en cuarto frío, transporte terrestre al aeropuerto, transporte aéreo a país destino, transporte terrestre a cliente (S. Cock, comunicación personal, 8 de noviembre, 2016). Generalmente se realizan todos los subprocesos (a excepción del transporte) en una sala de postcosecha que debe tener controles de calidad en diferentes estaciones, incluyendo el cuarto frío, ya que es allí el último momento en el que la flor está en manos del cultivo. Todo este proceso incluye un alto grado de manipulación de la flor, por lo que presenta riesgos de daño, contaminación y error humano que pueden afectar la calidad de la flor entregada al cliente o inexactitudes en el despacho con la orden del cliente, por lo que debe tenerse un alto grado de control sobre todo el proceso (S. Cock, comunicación personal, 8 de noviembre, 2016).

○ **Teoría de Colas**

La Teoría de Colas es el estudio de las filas de espera para cualquier proceso, lo cual se usará como base de análisis para el modelo de simulación planteado en este trabajo. Esta teoría tiene en cuenta dos elementos de los procesos de filas: entidades y recursos. Las entidades son los elementos que entran y reciben algún servicio/modificación durante el proceso para luego salir de él, mientras que los recursos son aquellos elementos de los que se dispone en cada estación del proceso para atender a las entidades que llegan (Anderson, Sweeney, & Williams, 2004).

Características fundamentales de los sistemas de colas (Anderson, Sweeney, & Williams, 2004):

Distribución de Llegadas: es la manera en la que llegan las entidades al sistema, generalmente determinada por una distribución estadística que indica los parámetros con los cuales entran las entidades para hacer fila o ser procesadas.

Distribución de tiempos de servicio: es la distribución estadística que determina los tiempos que toma cada proceso desde que recibe hasta que termina de procesar cada entidad del sistema.

Prioridades de atención: es la manera en la que se decide qué entidad de la fila será procesada primero. Generalmente se usa la regla Primero en Entrar, Primero en Salir o

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

FIFO por sus siglas en inglés, pero puede tener variaciones dependiendo de las necesidades específicas del sistema. Un ejemplo aplicado a este trabajo se da en el subproceso de empaque, ya que no se empieza a empacar las flores en el orden que van llegando debido a que se priorizan órdenes específicas de acuerdo al día en que se van a despachar.

Número y configuración de recursos: es la manera en la que están dispuestos los recursos dentro del proceso y en cada estación del mismo. Puede haber varios recursos en una misma estación o subproceso con fila única para todos, fila para cada uno o cualquier configuración posible.

Medidas o Características de Inicio: son los datos que se utilizan para calcular las características operativas del sistema y poder proceder a hacer un análisis estadístico del proceso. Se deben conocer para poder simular cada estación del sistema (Anderson, Sweeney, & Williams, 2004). Estas características son:

- El promedio de llegadas se define como la cantidad de entidades que ingresan al sistema por unidad de tiempo y se denomina λ .
- El tiempo promedio entre llegadas ($1/\lambda$) es el tiempo promedio que transcurre entre la llegada de una entidad y la llegada de la siguiente al sistema.
- La cantidad de entidades que son atendidas en un proceso durante un período determinado de tiempo se denomina μ .
- $1/\mu$ representa el tiempo promedio que tardan las entidades en un proceso o estación determinada.
- La desviación estándar del tiempo promedio de servicio se denomina σ .

Características de Operación de un Sistema de Colas: son datos y estadísticas utilizados para analizar el sistema y los procesos que le componen. Se pueden establecer objetivos para cada una de ellas y ajustar la simulación hasta que estos objetivos se cumplan y se encuentre así la configuración que debe tener el sistema y sus recursos para cumplir con las expectativas o estándares propuestos. Para cada una de estas características existe una fórmula que permite calcularla usando las demás junto con las características de inicio, la cual depende de las especificidades matemáticas de cada proceso (Anderson, Sweeney, & Williams, 2004). Estas características son:

- P_0 : Es la probabilidad que tiene un servicio o estación de estar vacío esperando la llegada de una entidad. Se pueden fijar estándares en esta medida para asegurar que los recursos del proceso no permanezcan inactivos más tiempo de lo aceptado.
- P_n : representa la probabilidad de tener n entidades en una estación o servicio, contando tanto la/s entidades que están siendo procesadas como las que están esperando.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- P_w : Es la probabilidad de que una unidad que llegue al proceso tenga que esperar para ser atendida. Es decir, es la probabilidad de que el/los recursos del proceso se encuentren ocupados al momento de entrada de una nueva entidad.
- L_q : es el número promedio de entidades que se encuentran esperando dentro del proceso para ser atendidas.
- L : representa el número promedio de entidades en todo el proceso, teniendo en cuenta tanto las que están siendo procesadas como las que están esperando.
- W_q : El tiempo promedio que tarda una entidad esperando dentro del proceso.
- W : es el tiempo promedio que tarda una entidad en todo el proceso, desde que ingresa hasta que termina de ser atendida y sale del proceso por completo.

○ **Ecuaciones de Flujo de Little**

John Little desarrolló un teorema del cual resultan dos fórmulas que aplican a casi todos los sistemas de colas, en las que se establece la relación que existe entre el tiempo promedio que permanece una entidad en el sistema o fila y el número de entidades en el sistema o fila. La primera fórmula establece que $L = \lambda W$ y la segunda dice que $L_q = \lambda W_q$. Éstas son útiles para analizar el sistema completo y cuantificar el impacto de cualquier cambio hecho en la simulación para las variables involucradas (Anderson, Sweeney, & Williams, 2004).

○ **Análisis Económico del Sistema**

Para poder traducir las estadísticas y datos numéricos a valores de dinero se cuenta con la ecuación $TC = c_w L + c_s K$, donde c_w representa el costo por unidad de tiempo que implica tener a una entidad esperando en el sistema y c_s es el costo que representa procesar una entidad en cada estación del proceso. De esta manera se permite tomar decisiones financieras sobre el sistema que se está estudiando y medir el impacto económico de cualquier cambio realizado a los procesos (Anderson, Sweeney, & Williams, 2004).

○ **Modelos de Simulación**

Para representar la realidad de manera simplificada se usan modelos, los cuales simulan con diferentes grados de complejidad los sistemas que representan según los objetivos que se quieran lograr con el modelo. Los modelos sirven para identificar, estudiar y pronosticar los procesos más importantes de un sistema gracias a que dejan de lado complejidades innecesarias (Trejos-Arroyave, 2014). Un modelo puede ser tan complejo o tan simple como se desee, dependiendo de si se desea estudiar un solo proceso o si se desea representar varios y estudiar las interacciones entre estos procesos (Guarín-Giraldo, 2011). Debido a esta flexibilidad en el grado de complejidad, los modelos de simulación son ampliamente usados, ya que los demás métodos de análisis generalmente restringen al analista a suposiciones que le hacen perder validez al modelo. Para que un modelo de simulación sea válido, éste debe ser una fiel representación de la realidad, lo

que permitirá entender el comportamiento de la realidad a partir del comportamiento del modelo (Kelton, Sadowski, & Swets, 2010).

- **Simulación de Eventos Discretos**

Este paradigma de simulación se puede describir como el proceso de fragmentación de un sistema complejo en una serie de eventos definidos, delimitados y organizados y se puede aplicar a prácticamente cualquier proceso donde haya variabilidad, interacción compleja entre sistemas o recursos limitados. Mediante la simulación de eventos discretos se puede analizar de manera rápida y económica el comportamiento de un sistema en el tiempo, realizar ajustes y modificaciones y responder a preguntas de “porqué” y “qué pasaría si”, por lo que es comúnmente usada para diseñar, testear y mejorar procesos productivos y sistemas de colas en todo el mundo (Rockwell Automation, 2016).

2. METODOLOGÍA

- Establecer las variables de entrada de la postcosecha y sus distribuciones en los diferentes escenarios de demanda que se presentan a lo largo del año.
 - Determinar 3 niveles de producción a estudiar: Para esta actividad elaboraremos un mapa de demanda anual basados en la información comercial recolectada de al menos una empresa productora de crisantemos del oriente antioqueño, para identificar y seleccionar los niveles mínimo, promedio total y máximo de producción como nuestros tres escenarios a modelar.
 - Listar las variables de entrada a la postcosecha: A partir de visitas a cultivos de crisantemos del oriente antioqueño, identificar el proceso de postcosecha y sus variables de entrada para listarlas y construir un modelo del proceso inicial.
 - Recolección de datos de las variables de entrada: De acuerdo con el listado de variables del proceso de postcosecha se obtendrán los datos históricos de las variables más relevantes del proceso, de acuerdo con el juicio de expertos en el mismo.
 - Ajuste de los datos de entrada obtenidos a distribuciones estadísticas: Mediante el uso de Risk Simulator encontraremos las distribuciones que más se ajustan a cada entrada del proceso de postcosecha.
- Determinar los costos y tiempos de cada subproceso dentro de la postcosecha.
 - Recolección de información de los subprocesos: De acuerdo con el listado del proceso se realizará un estudio de costos de personal y de tiempos de operación en cada subproceso de acuerdo con la información recolectada en la visita al cultivo de crisantemos del oriente antioqueño.
 - Ajuste de los parámetros de los procesos: Usando Risk Simulator se ajustarán los datos obtenidos a la distribución estadística que mejor los describa para obtener así los parámetros de cada subproceso de la postcosecha.
 - Determinar costos de cada subproceso: A través de entrevistas con expertos obtendremos los costos del material y herramientas usadas en cada subproceso.
- Diseñar el modelo de la postcosecha en los diferentes escenarios de demanda que se presentan a lo largo del año.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Flujograma básico del proceso: Realizaremos un diseño del proceso entero de postcosecha en forma de un flujograma en un software de simulación, para experimentar con él y encontrar el escenario de mayor impacto para los cultivos de crisantemos del oriente antioqueño.
- Recopilación de Resultados: Al tener un modelo que corre repetitivamente sin presentar cuellos de botella en los subprocesos, podremos determinar la cantidad de recursos necesarios en cada subproceso y relacionarlos con la cantidad de flores que entraron al proceso entero, lo cual determina los costos y limitantes de postcosecha que tendría cualquier cultivo que desee exportar crisantemos desde el oriente antioqueño.

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE POSTCOSECHA

Para construir el flujograma del proceso y para determinar el comportamiento de las variables de entrada, así como el comportamiento de los tiempos y los costos en cada subproceso de la postcosecha, se realizaron entrevistas a profundidad con el gerente general, la gerente comercial, el gerente de producción, el coordinador de postcosecha, analistas de tecnología e información, la jefe de costos y presupuestos y con los encargados de cada subproceso de la postcosecha de un cultivo de flores del oriente antioqueño. La totalidad de las personas entrevistadas llevan más de diecisiete años en el sector, a excepción de la gerente comercial, la cual lleva doce años y a los analistas de tecnología e información los cuales llevan aproximadamente cuatro años y medio.

Con base en estas entrevistas y a la información histórica del año pasado, se levantaron los subprocesos del proceso de postcosecha que conforman el modelo. A continuación, se presenta una breve descripción del proceso de postcosecha en los cultivos de crisantemos del oriente antioqueño.

Al proceso de postcosecha llegan los ramos provenientes del proceso de corte, de los cuales aproximadamente el 87.23% son pompones y el 12.77% restante son desbotonados, ambas variedades de crisantemos. Los ramos, los cuales llegan en baldes enlazados por cables, son revisados para detectar posibles problemas de calidad. Si un problema de calidad es detectado, bien sea por falta de estética o por problemas fitosanitarios, el balde con ramos es llevado a un proceso de maquillaje y barrido donde los ramos son arreglados o en su defecto son desechados. Adicionalmente, algunos baldes son retirados del cable y llevados al proceso de tintura. En el proceso de tintura los ramos son deshidratados y posteriormente hidratados en baldes con agua de color para tinturar los pétalos del ramo.

El cable con los ramos continúa hasta la sala de postcosecha donde los ramos son ubicados por los empleados de corte. En la sala de postcosecha los ramos se dividen en dos, los ramos que requieren cuarentena y los que no. Los ramos que requieren cuarentena deben esperar entre doce y veinticuatro horas antes de continuar el proceso, mientras que los ramos que no requieren cuarentena deben esperar entre dos y cuatro horas. Una vez los baldes pasan por estos procesos iniciales y son organizados en la sala de postcosecha, los ramos se comienzan a comportar independientemente en el sistema.

Por otro lado, al proceso de postcosecha llegan las órdenes con la cantidad de ramos que se deben despachar. Estas órdenes pueden ser fijas o de mercado abierto. Las órdenes fijas son aquellas que la empresa conoce desde que llegan los ramos a la postcosecha, en cambio las órdenes de mercado abierto son órdenes de ramos que cuando llega a la postcosecha aún no se han vendido.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Con la orden y los ramos en postcosecha se inicia el proceso de surtido, el cual consiste en seleccionar las flores que se requieren para la orden. Una vez la orden está completa esta es llevada al proceso de empaque, donde el ramo es empacado en uno de cuatro tipos de empaque disponibles, los cuales son: octavos, fulles, tabacos o cuartos. Posteriormente la caja pasa al proceso de embalaje.

Una vez la caja se encuentra lista para ser exportada se pasa al proceso de pre-frío, en este proceso se extrae el aire caliente de la caja mientras se inyecta aire frío, con el fin de reducir la temperatura de las flores dentro de la caja a dos o tres grados centígrados. Luego, la caja es almacenada en el cuarto frío donde debe esperar a ser despachada. Es importante mencionar, que el despacho depende de la disponibilidad que tenga la compañía área encargada del envío de los ramos a Estados Unidos.

Cabe mencionar, que los ramos nunca deben permanecer más de veinticuatro horas al aire libre y como máximo pueden permanecer nueve días en el proceso.

En la Figura 1: Flujograma básico del proceso de postcosecha, se encuentra resumido el proceso que deben llevar a cabo los ramos de crisantemos en la postcosecha.

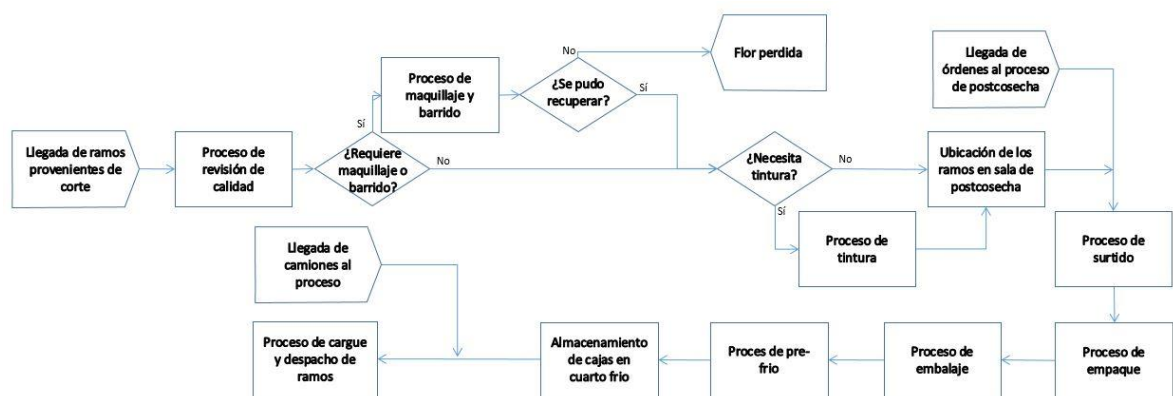


Figura 1: Flujograma básico del proceso de postcosecha

3.2 DETERMINACIÓN Y AJUSTE DE LAS VARIABLES DE ENTRADA AL PROCESO DE POSTCOSECHA

En primer lugar, se determinaron los tres niveles de producción que ocurren en el año, los cuales son:

- Alta producción o picos. Estos se dan entre el veinticinco de enero y el siete de febrero y entre el diecisiete de abril y el tres de mayo. El primer pico se debe a San Valentín, mientras que el segundo pico se debe al día de las Madres.
- Producción promedio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Baja producción. Este nivel de producción se da desde las primeras semanas de junio hasta mediados de agosto, y se debe principalmente a la poca demanda de flores en el mercado estadounidense.

A pesar de estos tres niveles de producción, la empresa solo cambia su jornada laboral en los periodos de alta demanda, alargando el horario habitual de 6:00 a.m. a 3:00 p.m. a un horario de trabajo de 6:00 a.m. a 6:00 p.m.

En la tabla 1: Variables de entrada al proceso de postcosecha se relacionan las variables de entrada del proceso con el valor o la distribución ingresada al modelo. Dado que la demanda es cíclica y a que la información recolectada corresponde a un año, no fue posible realizar un ajuste estadístico a los datos de las variables de entrada. Por lo tanto, la alternativa que quedó fue asignar la función de distribución, lo cual se hizo con base en estadísticas y datos estandarizados de la compañía, a la información recopilada en las entrevistas a profundidad realizadas y con base en la observación y al criterio del autor de este trabajo.

Tabla 1: Variables de entrada al proceso de postcosecha

Variable de entrada	Valor / distribución ingresada al modelo
Llegadas por hora, diario, del cable proveniente de corte con ramos de crisantemos.	Se calculó para los 365 días del año. Se utilizó la distribución de Poisson. El parámetro utilizado fue la cantidad de veces que entró el cable por hora en cada día del año.
Baldes por cable	21
Participación de cada variedad del total de los ramos cortados.	Distribución empírica. 87.23% pompón y 12.77% desbotonados.
Cantidad de ramos por balde	Si la variedad es pompón 17, en caso de ser desbotonado 15
Porcentaje de los baldes que entran al proceso que deben pasar al proceso de maquillaje	3.60%
Porcentaje de los baldes que entran al proceso que deben ser tinturados	7.00%
Porcentaje de los baldes que entran al proceso que requieren cuarentena (las subvariedades de ramos que requieren cuarentena son Atlantis, Yazoo y Factor).	42.28%
Porcentaje de flores que luego de ser revisadas deben ser desechadas por falta de calidad	0.13%
Porcentaje del total de ramos que entran a la postcosecha que deben ser desechados por mercado	2%
Porcentaje de las órdenes fijas y de las rdenes de mercado abierto por cada variedad de crisantemo	El 54.66% de las órdenes de pompón son fijas, mientras que este porcentaje en las órdenes de desbotonados aumenta al

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	66.11%.
Participación de cada tipo de caja en los pedidos de desbotonados	0.00% de los pedidos de desbotonados se despachan en octavos, 0.20% en fulles, 35.45% en tabacos y 64.65% en cuartos.
Participación de cada tipo de caja en los pedidos de pompones	0.04% de los pedidos de pompones se despachan en octavos, 0.28% en fulles, 41.88% en tabacos y 57.80% en cuartos.
Cantidad de ramos por empaque dependiendo del tipo de flor	Para desbotonados: 5 por octavo, 40 por full, 20 por tabaco y 10 por cuarto. Para pompones: 7 por octavo, 56 por full, 28 por tabaco y 14 por cuarto.
Llegadas por hora, para cada día de año, de órdenes de mercado abierto.	Se calculó para los 365 días del año. Se utilizó la distribución de Poisson. El parámetro utilizado fue la cantidad de órdenes LM vendidas por hora en cada día del año.
Participación de cada tipo de caja en los pedidos de mercado abierto	0.00% de los pedidos de mercado abierto se despachan en octavos, 0.39% en fulles, 34.55% en tabacos y 65.06% en cuartos.
Ramos por caja de saldos	56 ramos de cualquier variedad
Tipo de caja para el empaque de saldos	Fulles
Capacidad de pre-enfriamiento	90 fulles
Capacidad del cuarto frío	12.000 fulles
Cajas iniciales en el cuarto frío	4056 octavos
Horario de despachos del camión	Se hacen dos despachos; uno que empieza a las 6:00 a.m. y sale a las 9:00 p.m. y otro que inicia a las 3:00 p.m. y finaliza a las 5:00 p.m.
Equivalencia en octavos de los despachos diarios	Se calculó para los 365 días del año. Distribución exponencial. La media utilizada fue la equivalencia en octavos despachados por día.

3.3 DETERMINACIÓN Y AJUSTE DE LOS TIEMPOS DE LOS SUBPROCESOS

En la tabla 2: Tiempos de procesamiento en los subproceso de la postcosecha, se relacionan los subprocesos de la postcosecha con la distribución asignada, con base en estadísticas y datos estandarizados de la compañía, a la información recopilada en las entrevistas a profundidad realizadas y a la observación y criterio del autor de este trabajo, a cada subproceso del modelo. Lo anterior se debió a que no fue posible ajustar más los datos ya que la serie de datos históricos no lo permitieron.

Tabla 2: Tiempos de procesamiento en los subproceso de la postcosecha

Subproceso	Tiempo de Procesamiento
------------	-------------------------

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Revisión de calidad	Triangular (1.87, 4.25, 5.95) segundos por balde en caso de ser un balde de pompón y Triangular (1.65, 3.75, 5.25) segundos en caso de ser un balde de desbotonados.
Transporte y ubicación de baldes en sala postcosecha	Triangular (3, 5, 6) minutos por cable.
Reposo de los ramos	Los ramos deben esperar un tiempo distribuido uniformemente entre dos y cuatro horas antes de continuar el proceso en caso de no requerir cuarentena, en caso de requerir cuarentena estos deben esperar un tiempo uniformemente distribuido entre doce y veinticuatro horas.
Proceso de maquillaje y barrido	Un balde se demora triangularmente entre 15, 31 y 40 minutos en este proceso.
Proceso de preparación de los ramos a tinturar	Tiempo distribuido exponencialmente con media de 10 minutos.
Proceso de deshidratación de ramos a tinturar	Tiempo distribuido uniformemente entre 30 y 45 minutos
Proceso de tintura de ramos	Tiempo distribuido uniformemente entre 5 y 24 horas.
Proceso de surtido de órdenes	El tiempo de surtido por ramo sigue una distribución exponencial con una media de 60/196 minutos.
Proceso de alimentación de empaque	El tiempo de alimentación por ramo sigue una distribución exponencial con una media de 60/784 minutos.
Proceso de empaque	El tiempo de empaque por ramo sigue una distribución exponencial con una media de 60/392 minutos.
Proceso de empaque de saldos	El tiempo de procesamiento sigue una distribución con una media de 1/7 horas por caja de saldos.
Proceso de embalaje de cajas	En promedio un empelado en este proceso se demora 15 segundos, distribuidos uniformemente.
Proceso de pre-frío de cajas	Este tiempo está distribuido uniformemente entre 30 y 50 minutos.
Proceso de almacenaje en el cuarto frío	Este proceso depende del tipo de caja que se esté almacenando así: <ul style="list-style-type: none"> • Exponencial con media de 19.13 segundos para octavos. • Exponencial con media de 153 segundos para fulles. • Exponencial con media de 76.5 segundos para tabacos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	<ul style="list-style-type: none"> Exponencial con media de 38.25 segundos para cuartos.
Proceso de cambio de capuchón	Un cambio de capuchón está exponencialmente distribuido con una media de 30 segundos.
Proceso de surtido desde cuarto frío	Distribuido triangularmente entre 1, 2 y 3 minutos por ramo.
Proceso de cargue del camión	<p>Este proceso depende del tipo de caja que se esté cargando así:</p> <ul style="list-style-type: none"> Exponencial con media de 4.07 segundos para octavos. Exponencial con media de 32.56 segundos para fulles. Exponencial con media de 16.28 segundos para tabacos. Exponencial con media de 8.14 segundos para cuartos.

3.4 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS SUBPROCESOS

En los costos que se incurre en el proceso de postcosecha son:

- El costo por balde procesado en maquillaje y barrido es de \$50
- Cada ramo tinturado le cuesta a la compañía \$206
- Cada cambio de capuchón le cuesta a la compañía \$90
- El proceso de pre-frío cuesta \$2.354.000 al mes
- El cuarto frío cuesta \$21.186.000 por mes
- El costo de la mano de obra directa en este proceso es de \$ 38.304.828 mensual.

Los anteriores costos se construyeron con base en la información histórica de un cultivo de crisantemos del oriente antioqueño, a una entrevista a profundidad con el jefe de costo y presupuestos del cultivo, y con base en la observación y el criterio del autor de este trabajo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.5 MODELO DEL PROCESO DE POSTCOSECHA DE CRISANTEMOS EN CULTIVOS DE FLORES DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

3.5.1 Recepción de ramos desde corte

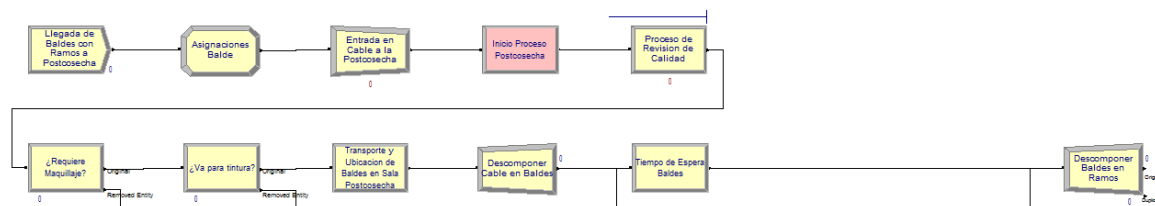


Figura 2: Flujograma del proceso de llegada de ramos a la postcosecha

En la Figura 2: Flujograma del proceso de llegada de ramos a la postcosecha se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso de la llegada de ramos al proceso de postcosecha. En la Tabla 3: Módulos del proceso de llegada de ramos a la postcosecha se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 3: Módulos del proceso de llegada de ramos a la postcosecha

Nombre del módulo	Función
Llegada de baldes con ramos a la postcosecha	Establecer la regla de llegada de los cables al proceso de la postcosecha.
Asignaciones balde	Asignar los siguientes atributos al balde: <ul style="list-style-type: none"> • Variedad del ramo • Cantidad de ramos que contiene • Necesidad de maquillaje, tintura o cuarentena. • Tiempo de procesamiento en la revisión de calidad. • Día de llegada del ramo. Atributo utilizado para darle prioridad a los ramos que llevan más tiempo en el proceso.
Entrada en cable a la postcosecha	Agrupar los baldes en
Inicio proceso de postcosecha	Este módulo marca el verdadero inicio del proceso. Ya que los ramos entran a la postcosecha en un cable compuesto de baldes y no en baldes individuales.
Proceso de revisión de calidad	En este módulo se lleva a cabo el proceso de revisión de calidad.
¿Requiere maquillaje?	Se retiran los baldes que tienen algún problema de calidad y son enviados al subproceso de maquillaje.
¿Va para tintura?	Se retiran y se envían los baldes que deben ser tinturados.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Transporte y ubicación de baldes en sala postcosecha	En este módulo se lleva a cabo el proceso de descargue por parte de los operarios de corte.
Descomponer cable en baldes	Se descompone el cable en los baldes que lo conforman.
Tiempo de espera baldes	En este módulo se lleva a cabo la espera inicial que los ramos deben tener antes de continuar el proceso.
Descomponer baldes en ramos	Se descompone el balde en los ramos que lo conforman.

3.5.2 Proceso de barrido y maquillaje

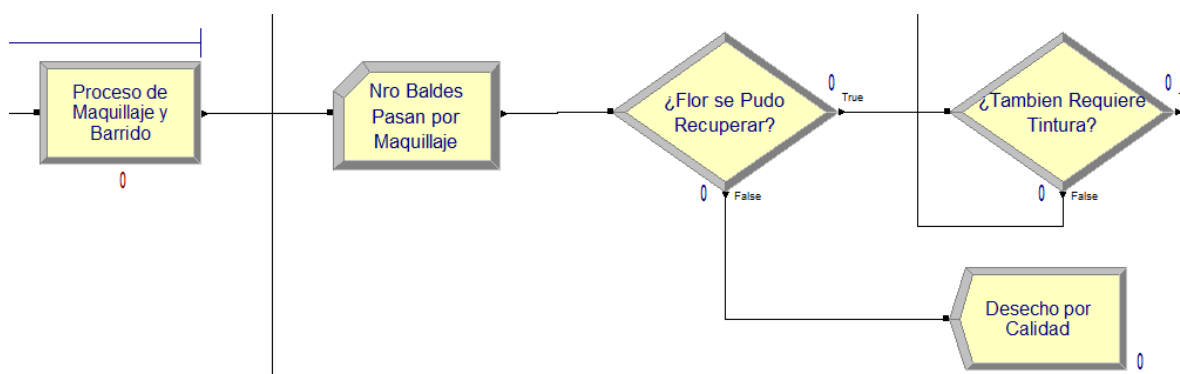


Figura 3: Flujograma del proceso de barrido y maquillaje de ramos

En la Figura 3: Flujograma del proceso de barrido y maquillaje de ramos se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso de barrido y maquillaje de ramos en la postcosecha. En la Tabla 4: Módulos del proceso de barrido y maquillaje de ramos se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 4: Módulos del proceso de barrido y maquillaje de ramos

Nombre del módulo	Función
Proceso de maquillaje y barrido	Se lleva a cabo el proceso de barrido y maquillaje en el modelo.
Nro. Baldes pasan por maquillaje	Se utiliza para contar la cantidad de baldes que pasan por este proceso durante la simulación.
¿Flor se pudo recuperar?	Se determina si el ramo se pudo arreglar y ser recuperado.
¿También requiere tintura?	Utilizado para enviar al proceso de tintura todos aquellos ramos que deben ser tinturados, pero que además tuvieron que ser maquillados o barridos.
Desecho por calidad	Por este módulo salen los ramos que no pudieron ser recuperados en el proceso de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.5.3 Proceso de tintura

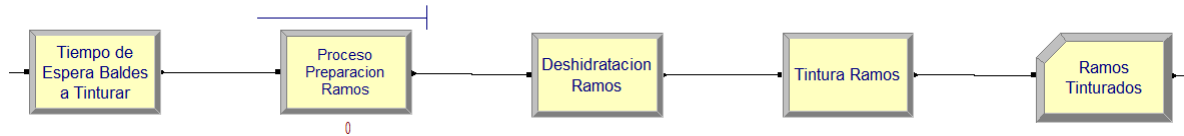


Figura 4: Flujograma del proceso de tintura de ramos

En la Figura 4: Flujograma del proceso de tintura de ramos se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso de tintura de ramos en la postcosecha. En la Tabla 5: Módulos del proceso de tintura de ramos se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 5: Módulos del proceso de tintura de ramos

Nombre del módulo	Función
Tiempo de espera baldes a tinturar	En este módulo se lleva a cabo el proceso de reposo de los ramos que deben ser tinturados.
Proceso preparación ramos	Se lleva a cabo el proceso de preparación de los ramos para ser tinturados.
Deshidratación ramos	En este módulo se deshidratan los ramos para posteriormente pasarlos a tintura
Tintura ramos	En este módulo las flores se rehidratan con agua de colores, para así tinturar los pétalos de esta.
Ramos tinturados	En este módulo se cuentan los ramos que han pasado por el proceso de tintura durante la simulación.

3.5.4 Separación de ramos de las órdenes de mercado abierto y de las órdenes fijas

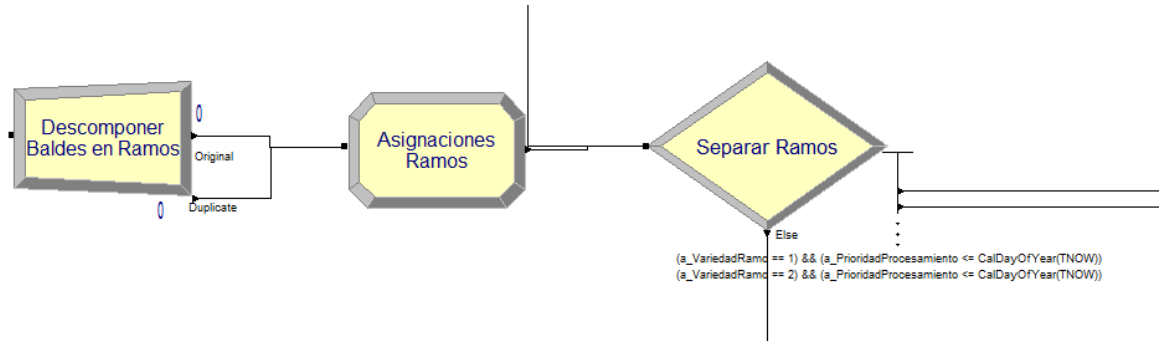


Figura 5: Flujograma de la separación de ramos

En la Figura 5: Flujograma de la separación de ramos se muestran los módulos utilizados para modelar la separación de los ramos que ya están vendidos de los ramos que aún no se han vendido. En la Tabla 6: Módulos separación de ramos detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 6: Módulos separación de ramos

Nombre del módulo	Función
Descomponer baldes en ramos	Se descompone el balde en los ramos que lo conforman.
Asignaciones ramos	En este módulo se determina si: <ul style="list-style-type: none">El ramo debe ser desechado por mercado.El ramo ya está vendido Adicionalmente, se asignan los siguientes tiempos de procesamiento: <ul style="list-style-type: none">Tiempo de surtido por ramoTiempo de alimentación por ramoTiempo de empaque por ramo Finalmente, se reajusta el atributo del día de llegada del ramo, para que no sea procesado inmediatamente si pertenece a una orden de mercado abierto o para que ni siquiera sea procesado si es un ramo que va a ser desechado.
Separar ramos	En este proceso se dividen los ramos de pompones que van a ser procesados en el transcurso del día, los ramos de desbotonados que van a ser procesados en el transcurso del día y todos los demás ramos.

3.5.5 Emparejamiento de cosecha con demanda

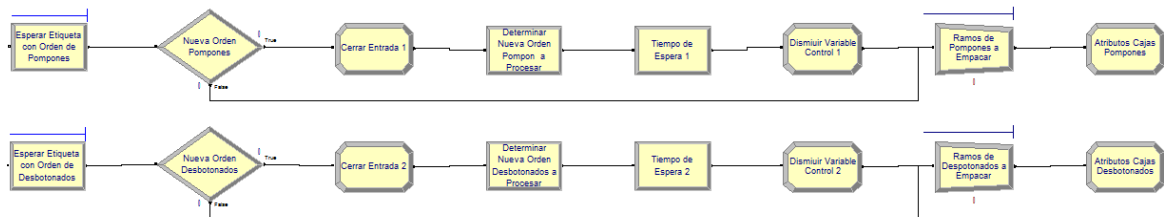


Figura 6: Flujograma del emparejamiento de la cosecha con la demanda

En la Figura 6: Flujograma del emparejamiento de la cosecha con la demanda se muestran los módulos utilizados para modelar la lógica del emparejamiento de la cosecha con la demanda. En la Tabla 7: Módulos emparejamiento de cosecha y demanda se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 7: Módulos emparejamiento de cosecha y demanda

Nombre del módulo	Función
Esperar etiqueta con orden de pompones/desbotonados	En este módulo el ramo debe esperar a que se determine la orden en la cual los siguientes ramos se deben empacar.
Nueva orden pompones/desbotonados	En este módulo se decide si la orden anterior ya tiene todos los ramos que requiere o no.
Cerrada entrada 1/2	Modulo lógico para evitar que haya más de un ramo determinando la orden en la cual los próximos ramos se deben empacar.
Determinar nueva orden pompón/desbotonados a procesar	En este módulo se envía una señal al módulo esperar ramos pompón/desbotonados disponibles para que se proceda con la determinación de la orden en la cual los próximos ramos se deben empacar.
Tiempo de espera 1/2	Es un módulo lógico que se utilizó para que Arena determine la próxima orden en la cual se deben empacar los ramos antes de que se cree el lote con los ramos.
Disminuir variable control 1/2	Se utilizó para que una vez sea determinada la caja en la cual los próximos ramos se deben empacar, los ramos puedan continuar con su procesamiento.
Ramos de pompones/desbotonados a empacar	Se crea el lote con la cantidad de ramos que deben empacarse en la caja.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.5.6 Llegada de órdenes

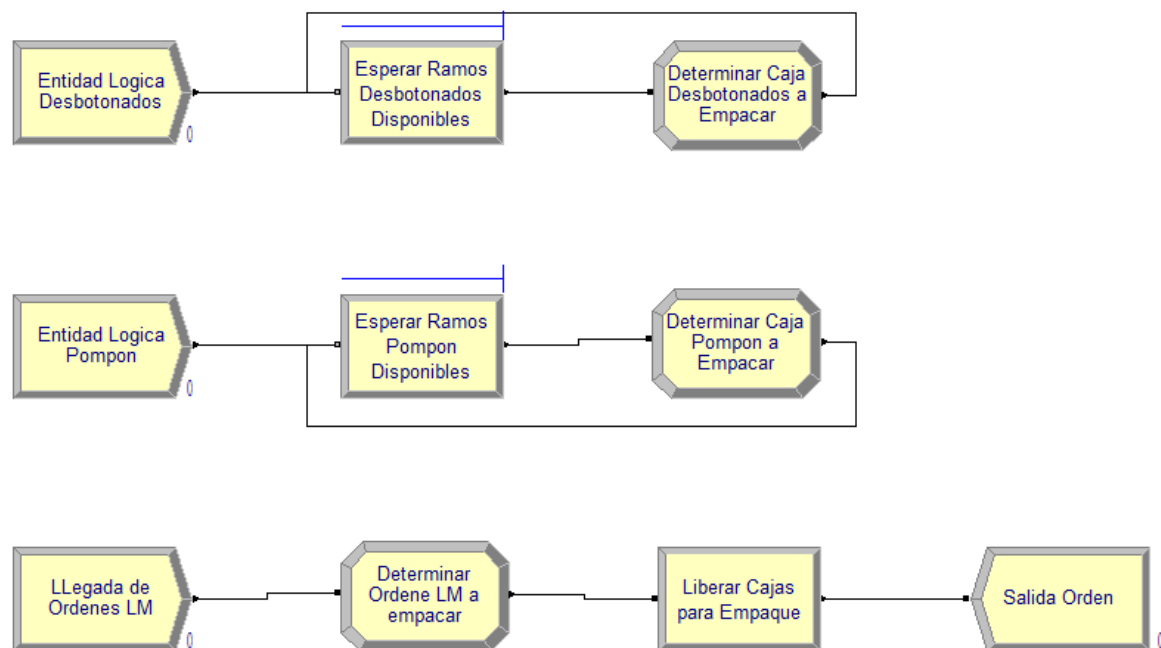


Figura 7: Flujograma de la llegada de órdenes a la postcosecha

En la Figura 7: Flujograma de la llegada de órdenes a la postcosecha se muestran los módulos utilizados para modelar la lógica de llegada de las órdenes a la postcosecha. En la Tabla 8: Módulos llegada de órdenes a la postcosecha se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 8: Módulos llegada de órdenes a la postcosecha

Nombre del módulo	Función
Entidad lógica desbotonados/pompón	Se utiliza para que al inicio de la simulación llegue una entidad lógica que determine la orden de desbotonados/pompón en la que se debe trabajar.
Esperar ramos desbotonados/pompón disponibles	La entidad lógica espera en este proceso hasta que haya ramos disponibles para ser empacados y despachados.
Determinar caja desbotonados/pompón a empacar	En este módulo se determina la caja en la cual se debe de ir la orden y la cantidad de flores que se deben de ir en la caja.
Llegada de órdenes LM	En este módulo se configuró la lógica de llegada de órdenes de mercado abierto.
Determinar orden LM a empacar	En este módulo se determina la caja en la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	cual la nueva orden se debe empaquear.
Liberar cajas para empaque	En este módulo se envía una señal al cuarto frío para que se saquen las flores necesarias para cumplir con la orden de mercado abierto que acaba de llegar.
Salida orden	Por este módulo se saca del sistema la orden que acaba de ser recibida.

3.5.7 Proceso de empaque de saldos

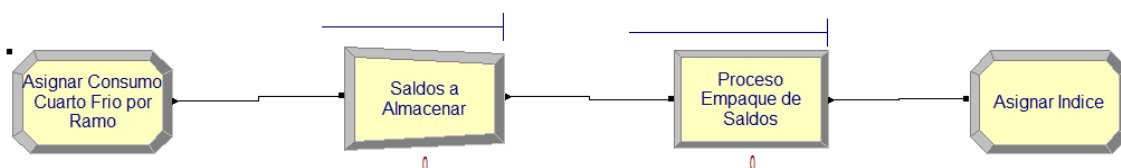


Figura 8: Flujograma del proceso de empaque de saldos

En la Figura 8: Flujograma del proceso de empaque de saldos se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso de empaque de saldos. En la Tabla 9: Módulos proceso de empaque de saldos se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 9: Módulos proceso de empaque de saldos

Nombre del módulo	Función
Asignar consumo cuarto frío por ramo	En este módulo se determina cuántas celdas del cuarto frío requiere cada tipo de flor para ser almacenada.
Saldos a almacenar	En este módulo se crea el lote de los ramos que aún no se han vendido que se deben almacenar en el cuarto frío.
Proceso de empaque de saldos	En este módulo se lleva a cabo el proceso de empaque de saldos.
Asignar índice	A la entidad que pase la marca como saldo, y como un caja de fulles.

3.5.8 Proceso de empaque de órdenes

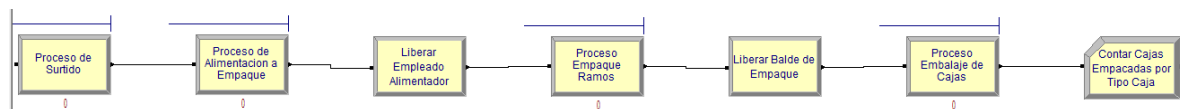


Figura 9: Flujograma del proceso de empaque de órdenes

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En la Figura 9: Flujograma del proceso de empaque de órdenes se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso de empaque de órdenes. En la Tabla 10: Módulos proceso de empaque de órdenes se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 10: Módulos proceso de empaque de órdenes

Nombre del módulo	Función
Proceso de surtido	Se realiza el proceso de la búsqueda y selección de los ramos que cada orden requiere.
Proceso de alimentación a empaque	Se realiza el proceso de alimentar la línea de empaque de la postcosecha
Liberar empleado alimentador	En este módulo se libera el empleado que se utiliza para la alimentación de la línea de empaque, pero no se libera el balde que se requiere en este proceso.
Proceso empaque ramos	En este módulo se lleva a cabo el proceso de empaque de las órdenes.
Liberar balde de empaque	Una vez se empaca la orden, se puede liberar el balde que se requiere para este proceso.
Proceso embalaje de cajas	Se realiza el proceso de embalaje de las cajas.
Contar cajas empacadas por tipo de caja	Cada que pasa una caja por este proceso se aumenta en uno el contador de cajas que han pasado por este módulo, por tipo de caja.

3.5.9 Proceso de almacenamiento en cuarto frío

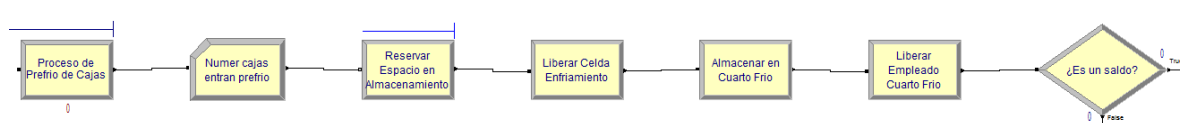


Figura 10: Flujograma del proceso de almacenamiento en cuarto frío

En la Figura 11: Flujograma del proceso de almacenamiento en cuarto frío se muestran los módulos utilizados para modelar el subproceso de almacenamiento en cuarto frío de las cajas. En la Tabla 11: Módulos proceso de almacenamiento en cuarto frío se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 11: Módulos proceso de almacenamiento en cuarto frío

Nombre del módulo	Función
Proceso de pre-frío de cajas	Se realiza el proceso de pre-frío de las cajas
Número cajas entran pre-frío	Cada que pasa una caja por este módulo se incrementa un contador en uno.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Reservar espacio en almacenamiento	Las cajas no pueden ser almacenadas en el cuarto frío a menos que haya celdas disponibles.
Liberar celda enfriamiento	Una vez la caja puede ser trasladada al cuarto frío, las celdas de pre-frío pueden ser utilizadas por otras entidades.
Almacenar en cuarto frío	En este módulo se lleva a cabo el proceso de almacenamiento en cuarto frío.
Liberar empleado cuarto frío	Una vez la caja es almacenada el empleado del cuarto frío puede continuar almacenando cajas.
¿Es un saldo?	En este módulo se separan las cajas de saldos de las cajas disponibles para ser despachadas.

3.5.10 Procesamiento de saldos

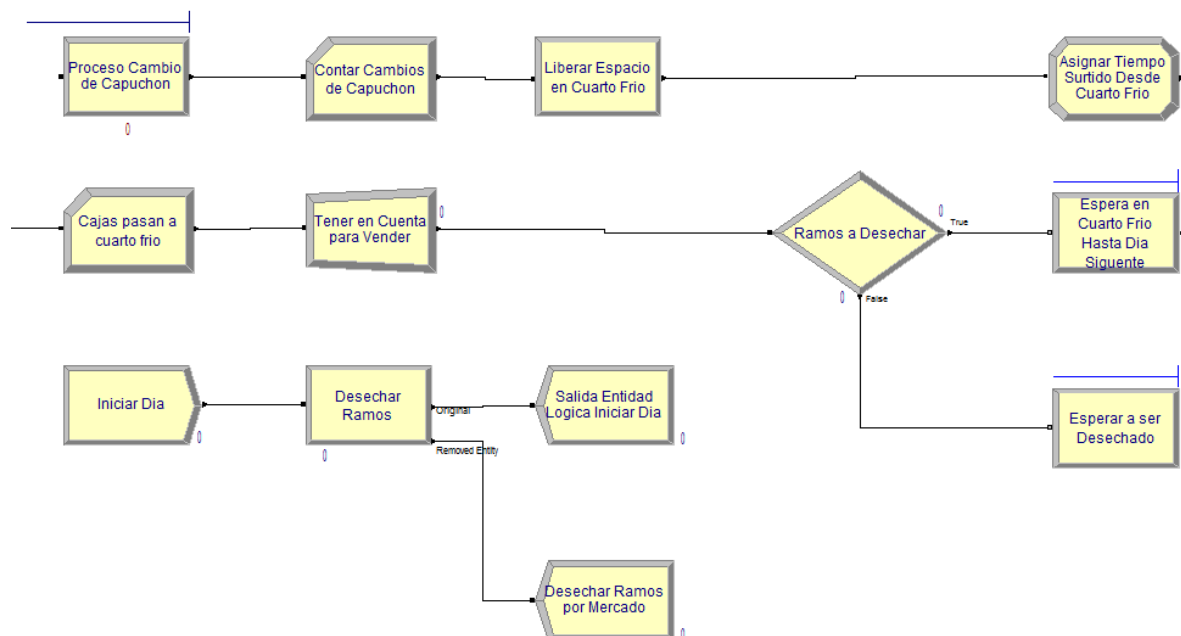


Figura 11: Flujograma de los saldos almacenados en el cuarto frío

En la Figura 11: Flujograma de los saldos almacenados en el cuarto frío se muestran los módulos utilizados para modelar la lógica que siguen las cajas de los saldos en el sistema, luego de pasar por el cuarto frío. En la Tabla 12: Módulos saldos almacenados en el cuarto frío se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 12: Módulos saldos almacenados en el cuarto frío

Nombre del módulo	Función
Cajas pasan a cuarto frío	En este módulo se cuenta la cantidad de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	cajas que pasan por el proceso de almacenamiento en el cuarto frío.
Tener en cuenta para vender	En este módulo las cajas se dividen en los ramos que las conforman, para poder más adelante retirar ramo por ramo del cuarto frío.
Ramos a desechar	En este proceso se dividen los ramos que aún se pueden vender de los ramos que se van a perder por mercado.
Desechar ramos por mercado	En este módulo lógico los ramos esperan entre siete y nueve días antes de ser desechados por no haberse vendido en el tiempo establecido.
Esperar en cuarto frío hasta día siguiente	En este proceso los saldos que aún se pueden vender en el tiempo establecido esperan a ser vendidos en una orden de mercado abierto o a ser necesitados para completar una orden fija.
Iniciar día	Cada día una entidad lógica es creada para buscar en el cuarto frío toda flor que lleve más de nueve días en el proceso.
Desechar ramos	En este módulo se lleva a cabo la búsqueda de las órdenes que llevan más de nueve días en el proceso.
Desechar ramos por mercado	Por este módulo salen las flores que fueron desechadas por mercado
Salida entidad lógica iniciar día	Por este módulo sale la entidad lógica utilizada para buscar los ramos a desechar.
Proceso cambio de capuchón	Una vez la señal de venta se da, los ramos provenientes del cuarto frieron deben pasar por este proceso. Proceso en el cual se cambia el capuchón de la marca que el ramo tiene.
Contar cambios de capuchón	Módulo que lleva un contador sobre la cantidad de ramos que han tenido que pasar por un cambio de capuchón.
Liberar espacio en cuarto frío	Dado que la flor sale del cuarto frío se debe liberar la celda para que otras cajas puedan hacer uso de esta.
Asignar tiempo surtido desde cuarto frío	Debido a que el ramo se debe buscar en un lugar diferente a la sala de postcosecha el tiempo de surtido se aumenta. Adicionalmente en este módulo se cambia el día de procesamiento de la flor para que tenga prioridad sobre las demás, ya que las órdenes se deben surtir primero desde el

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.5.11 Procesamiento de órdenes listas para ser despachadas

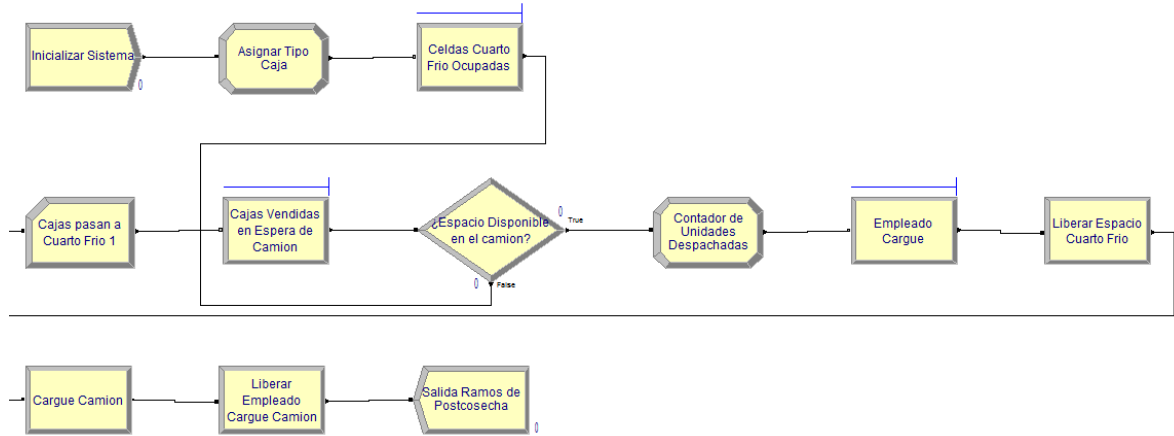


Figura 12: Flujograma del procesamiento de órdenes listas para ser despachadas

En la Figura 12: Flujograma del procesamiento de órdenes listas para ser despachadas se muestran los módulos utilizados para modelar la lógica que siguen estas cajas en el sistema. En la Tabla 13: Módulos procesamiento de órdenes listas para ser despachadas se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 13: Módulos procesamiento de órdenes listas para ser despachadas

Nombre del módulo	Función
Inicializar sistema	Dado que el sistema a simular es un sistema de estado estable, se deben conocer las condiciones iniciales, para no tener datos sesgados por no tener cajas en el cuarto frío al momento de iniciar la simulación. Por ende, en este módulo se crean las cajas que había en el cuarto frío al inicio del año.
Asignar tipo de caja	En este módulo se asignan los tipos de caja de las cajas de ramos que se encontraban al principio del año en el cuarto frío.
Celdas cuarto frío ocupadas	En este módulo se ocupan las celdas del cuarto frío de las cajas que se encontraban en este al principio del año.
Cajas pasan a cuarto frío 1	En este módulo se lleva el registro el número de cajas que pasan a ser almacenadas en el cuarto frío.
Cajas vendidas en espera de camión	Módulo en el cual esperan las cajas de las

	órdenes que están listas para ser empacadas.
¿Espacio disponible en el camión?	En este proceso se determina si las cajas almacenadas en el cuarto frío pueden ser despachadas en el camión que acaba de llegar o si deben esperar a un próximo camión.
Contador de unidades despachadas	En este módulo se lleva el control de las cajas que ya se han cargado al camión.
Empleado cargue	Módulo en el cual se le asigna el recurso empleado cargue a las cajas que pueden ser despachadas.
Liberar espacio cuarto frío	Una vez el empleado de cargue del camión tiene la caja en sus manos el espacio del cuarto frío queda disponible para otras cajas que requieran almacenamiento en este.
Cargue camión	Módulo en el cual se lleva a cabo el proceso de cargue de las cajas al camión.
Liberar empleado cargue camión	Una vez el empleado termina de montar la caja en el camión, este queda disponible para continuar cargando cajas.
Salida ramos de postcosecha	Por este módulo salen los ramos que han pasado exitosamente por el proceso de postcosecha.

3.5.12 Horarios de despachos

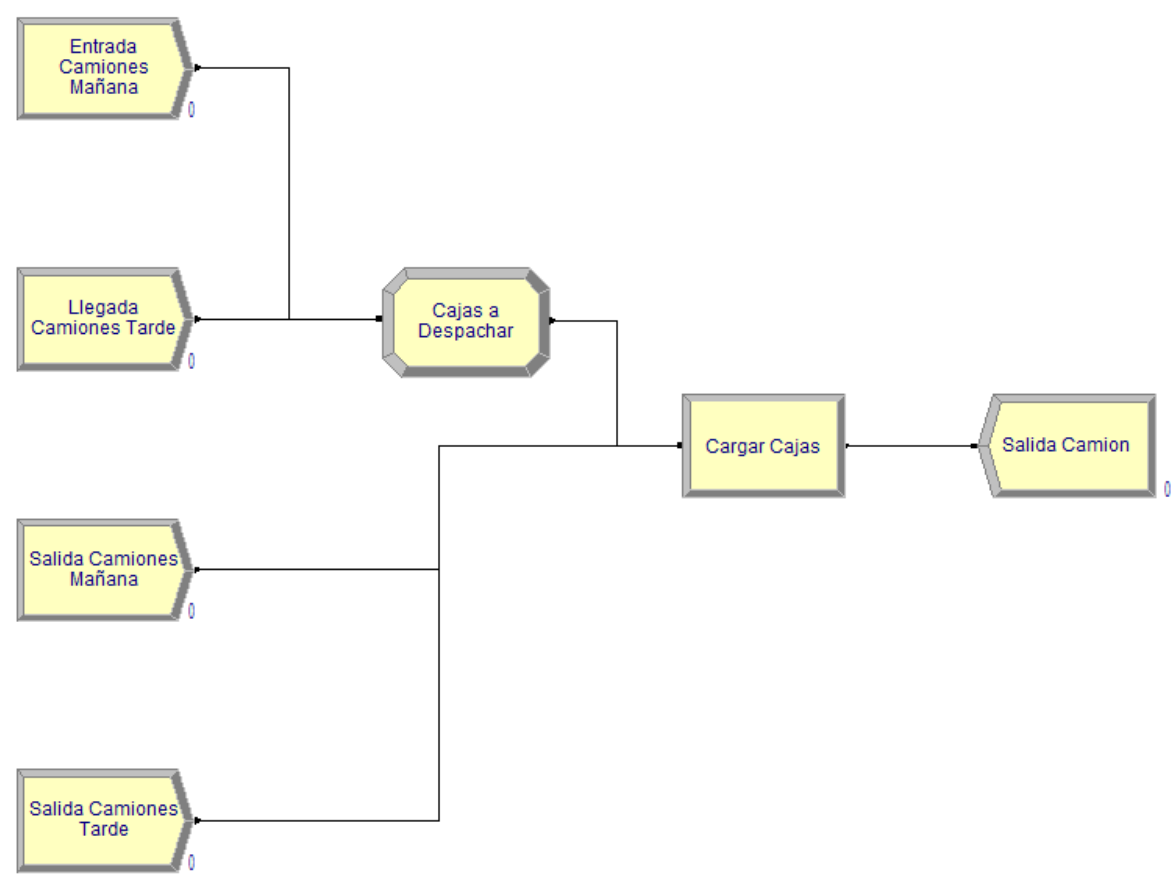


Figura 13: Flujograma de la lógica de despachos

En la Figura 13: Flujograma de la lógica de despachos se muestran los módulos utilizados para modelar la lógica que se utiliza para sacar las cajas vendidas del cuarto frío y poder ser empacadas. En la Tabla 14: Módulos lógica de despachos se detalla la funcionalidad de cada módulo en el modelo.

Tabla 14: Módulos lógica de despachos

Nombre del módulo	Función
Entrada camiones mañana/tarde	Se utiliza para le llegada de los camiones que recogen las cajas que están listas para ser despachadas.
Cajas a despachar	En este módulo se determina la cantidad de cajas a despachar.
Cargar cajas	Este módulo le envía una señal al cuarto frío para que saque la mayor cantidad de cajas disponibles para ser despachadas.
Salida camiones mañana/tarde	En estos módulos se crea una entidad

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	lógica que busque nuevamente en el cuarto frío si hay cajas que se pueden despachar el camión que está a punto de salir.
Salida camión	Modulo por el cual salen las entidades lógicas del camión.

3.6 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE POSTCOSECHA EN CULTIVOS DE CRISANTEMOS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

Luego de correr el modelo y de que este no presentara ningún cuello de botella, permitiendo que el modelo se pudiera simular sin ningún inconveniente, se obtuvo que el tiempo de ciclo de los ramos, desde que llegan a la postcosecha hasta que son despachados en caja durante todo el año, es en promedio de 8.66 días, con una utilización del cuarto frío, la mayor limitación del proceso, del 79.75%. Adicionalmente se determinó que el costo de este proceso en el año bajo este escenario es de \$1.357.287.567, con un costo promedio por ramo de \$432.31.

Desde el punto de vista de la asignación de recursos el modelo no ofrece resultados que permitan optimizarlos. Lo anterior se debe a que la compañía ya los ha optimizado a través de su programa de producción, por lo tanto, la única variable en la que el modelo puede ofrecer una mejora es en la optimización del tiempo. Para lograr una reducción en el tiempo de ciclo de los ramos de crisantemos en el proceso de postcosecha se aumentó la proporción de órdenes fijas que entran al proceso en un 22.42%.

Después de simular este nuevo escenario se obtuvo que el tiempo de ciclo de los ramos de crisantemos se redujo en un 23.92%, pasando de 8.66 días a 6.58 días. Adicionalmente, la utilización del cuarto frío se redujo en un 7.17%, pasando de 79.75% a 74.04%. Finalmente, los costos también mostraron una mejoría al pasar de un costo promedio total de \$ 1.357.287.567 a un costo promedio total de \$ 1.335.474.847, es decir una reducción del 1.61% (\$ 21.812.720). De igual forma, el costo promedio unitario por ramo despachado se reduce en 2.49%, pasando de \$432.31 a \$421.53, es decir una reducción de \$10.77 por ramo vendido.

4. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Como se evidenció en el trabajo hay múltiples variables de entrada al proceso de postcosecha y las principales varían a través del año como los son la cosecha de flores, la demanda y los despachos. Adicionalmente, estas tres variables de entrada deben estar altamente correlacionadas para que a la hora de simular el proceso la cantidad de entidades siendo procesadas no supere el límite de entidades permitidas por el software. En cuanto a las variables de entrada, se recomienda analizar su comportamiento a través de múltiples años y con base en esta recopilación realizar un ajuste estadístico a los datos.

En cuanto a los costos del proceso de postcosecha se pudo evidenciar que, aunque los costos variables son bajos, cuando muchos ramos tienen que ser reprocesados el costo empieza a ser representativo. Adicionalmente a mayor producción los altos costos fijos se pueden diluir más fácilmente en cada ramo. Se considera que hay posibilidades de mejorar el sistema de costeo de los ramos que pasan por este proceso de la postcosecha, principalmente en los costos indirectos de fabricación.

Adicionalmente, es importante mencionar que los tiempos de procesamiento son de gran importancia en este tipo de empresas pues en estas se está tratando con seres vivos que son altamente sensibles a las condiciones climáticas. Razón por la cual, también se considera que se puede realizar un estudio de los tiempos de procesamiento en cada subproceso, que permita llevar a cabo un ajuste estadístico de los datos.

El modelo del proceso de postcosecha de crisantemos del oriente antioqueño propuesto en este trabajo no solo permite la tecnificación del proceso sino también el estudio de este desde una óptica sistémica. Adicionalmente, el modelo permite modificar múltiples variables de entrada que las empresas del oriente antioqueño dedicadas al cultivo de estas flores podrán modificar para evaluar el funcionamiento de su proceso y a partir de este proponer mejoras a su proceso de postcosecha.

Dado que el proceso de postcosecha es solo un eslabón del cultivo de flores, se recomienda enlazar a este modelo los otros procesos de la cadena de producción, tales como el corte y la siembra.

Finalmente, y como fruto de la propuesta analizada en este trabajo, se recomienda que las compañías cultivadoras de crisantemos del oriente antioqueño, aumenten la participación de las ventas fijas en relación con las ventas de mercado abierto, para así reducir tanto el tiempo de ciclo como los costos en este proceso, y poder en últimas capitalizar los incrementos en la productividad de la tierra. Por lo anterior, se considera de gran importancia estudiar el proceso de ventas en estos cultivos, para proponer estrategias que aumenten la proporción de órdenes fijas con respecto a las órdenes de mercado abierto.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

REFERENCIAS

- Alfaro-Silva, A. P. (2007). *Simulación del Proceso de Manufactura Postcosecha en la Bouquetera de C.I. Agroindustria Del Riofrío LTDA*. Universidad De La Sabana. Retrieved from <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/4745/130513.pdf?sequence=1>
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2004). *Quantitative methods for business* (9th ed.). Mason, OH: South-Western College Pub. <http://doi.org/CengageLearning>
- ASOCOLFLORES. (2016). ASOCOLFLORES - Asociación Colombiana de Exportadores de Flores. Retrieved November 7, 2016, from <http://www.asocolflores.org/acerca-de-asocolflores/quienes-somos/3>
- Cadavid, J. (21 de 02 de 2016). Las exportaciones de flores colombianas cayeron 5,7 %. Recuperado el 09 de 11 de 2016, de Portafolio: <http://www.portafolio.co/negocios/exportaciones-flores-colombianas-febrero-2016-491086>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual Flores & Follajes*. Bogotá : Núcleo Ambiental S.A.S.
- Cock, S. (5 de 11 de 2016). Cultivo de crisantemos en el Oriente Antioqueño. (M. García, & S. Peláez, Entrevistadores)
- Guarín-Giraldo, G. W. (2011). *IMPACTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN DE BANANO EN EL URABÁ ANTIOQUEÑO*. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/4643/1/200720438.2011.Capitulos_1-5.pdf
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Swets, N. B. (2010). *SIMULATION WITH ARENA* (5th ed.). New York: McGraw Hill.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (3 de febrero de 2015). *Esperamos exportar 500 millones de flores a Estados Unidos: MinAgricultura*. Recuperado el 1 de 11 de 2016, de sitio web del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural : <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Esperamos-exportar-500-millones-de-flores-.aspx>
- Núcleo Ambiental S.A.S. (2015). *Flores & follajes*. Bogotá. Retrieved from https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiMq_TrkpXQAhVFKyYKHcIgAMwQFghNMAY&url=https://www.ccb.org.co/content/download/13733/175129/file/FloreFollajes.pdf&usg=AFQjCNFGTwQCPRE2PPnoFqW55y-LHixNvA&sig

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- OEC. (2014). Colombia. Recuperado el 09 de 11 de 2016, de <http://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/col/#Exportaciones>
- Procolombia. (s.f.). *Oportunidades de Negocio en el Sector Flores y plantas vivas*. Recuperado el 1 de 11 de 2016, de Sitio web de Procolombia: <http://www.procolombia.co/node/1242>
- Tarjuelo Martín-Benito, J. M., Merino, R., Valiente, M., Juan Valero, J. A. de, & Ortega Álvarez, J. F. (1999). Modelo de optimización económica del manejo del agua de riego en las explotaciones agrícolas: aplicación a la agricultura de regadío de la provincia de Toledo. *Investigación Agraria. Producción Y Protección Vegetales*, ISSN 0213-5000, Vol. 14, Nº 3, 1999, Págs. 325-354, 14(3), 325–354.
- Trejos-Arroyave, M. (2014). *PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN ÁREAS INUNDABLES DEL VALLE ALTO DEL RÍO CAUCA*. Universidad Del Valle. Retrieved from <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/9706/1/CB-0516215-MA-EISA.pdf>
- WFFSA. (2016). MEET THE NEW WHOLESALE DISTRIBUTOR & THE NEW WF&FSA. Retrieved November 6, 2016, from <http://www.wffsa.org/aws/WFFSA/pt/sp/about>